



TITLE:

豪州における穀物からのバイオ燃料生産の動向とその意義:再生可能な石油代替燃料の生産による資源循環型農業への模索

AUTHOR(S):

加賀爪, 優

CITATION:

加賀爪, 優. 豪州における穀物からのバイオ燃料生産の動向とその意義:再生可能な石油代替燃料の生産による資源循環型農業への模索. 京大生物資源経済研究 2007, 12: 31-50

ISSUE DATE:

2007-03-25

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/54279>

RIGHT:

豪州における穀物からのバイオ燃料生産の動向とその意義 —— 再生可能な石油代替燃料の生産による資源循環型農業への模索 ——

加賀爪 優

Masaru KAGATSUME: Biofuel Production in Australia and Its Implications
— Towards Resource Recycled Farming through Renewable Petro-Substitute Fuels —

Recently, Australia has tried to promote Biofuel production in two ways. — one from sugarcane mainly in Queensland and the other from wheat in Western Australia. However, at the moment, oil companies and automobile industries are strongly against these policies in order to maintain their share of traditional petroleum fuels. Federal government has also been hesitating its rapid expansion following their opinions although state governments have all been promoting strongly. These situations reflect current political dual structure i.e. federal government is led by conservative coalition of National party and Liberal party while all state governments are led by Labor party.

Due to the stagnation of international prices of sugar and wheat, farmers in Queensland and western Australia have suffered from serious farm management situations. Promotion of biofuel production based on grains began to be considered as the efficient measures to solve these situations. In addition to these, current high oil price and appreciated exchange rate of Australian dollar had contributed to the promotion of biofuel production. Under these situations, Australian government has set the target of “350 million liter of biofuel production by 2010”.

On the other hand, Australia has not ratified Kyoto Protocol yet. Originally the biofuel projects have 2 purposes. One is securing sufficient fuel supply and another is mitigating the global warming by curtailing CO₂ emission through substituting petroleum with biofuels. The promotion of biofuel projects might be important for offsetting the negative image of non-participation in the international agreement for global environmental conservation. Anyway, biofuel projects have just been implemented in both projects for the bio-ethanol and the bio diesel fuels.

At the moment, Australia has been enjoying economic boom caused by former Sydney Olympic and coming Peking Olympic which has rapidly expanded mineral import from Australia. This biofuel project can be one of the effective measures to solve the recession or bubble explosion after these events are over.

1. はじめに

バイオ燃料には、2つの種類がある。そのうちの1つであるバイオディーゼルは、メチル・エステル交換反応を経て植物油から燃料成分を抽出するものであり、日本でも滋賀県愛東町で資源循環型農業を目指す「菜の花プロジェクト」として開始されて以来、現在では全国的に展開されている。もう1つは、バイオ・エタノールであって、発酵過程を伴うものであり、

その生産工程はワインの生産工程と類似している。生産工程としては、前者の方が単純であり、コストも安い。しかし、燃料効率としては、後者の方が優れているため、世界の主流は後者に向かっている。この点は、豪州も例外ではない。

豪州の場合、東部のクイーンズランド州では、主として砂糖黍を原料としているのに対して、西豪州では、主として小麦を原料にしている点に特徴がある。どちらも、開始されてから日が浅いが、最近の石油の高騰に加えて、原料穀物の価格が低迷していることから、バイオ燃料の生産拡大に力を入れている。

現在、自動車燃料の価格は極めて政治的問題になりつつある。というのは、石油業者と自動車業界が、バイオ燃料の拡充に強く反対しているからである。また、現在、豪州の政権は、いわゆる二重構造になっており、連邦政府は保守系の国民党と自由党との連立政権であるが、6つの各州の政府は全て革新系の労働党政権である。各州政府は穀物農民の経営改善に貢献し得るバイオ燃料の生産拡充に積極的であるが、連邦政府は必ずしも積極的ではなく、豪州経済の成長に大きな影響力を有する石油業界や自動車業界の利害に傾いている。というのは、歴史的に豪州では、3つの産業部門が経済成長を鈍らせてきた。つまり、履物、繊維、自動車の3つであり、FTC産業として特別視されてきたのである。これらは、労働集約的な部門と石油を多用する部門である。人口希少な豪州では、労働は石油と並んで高価な資源であり、この2つを多用する部門が永年にわたって豪州の問題産業となってきたのである。そのため、豪州政府はこの3部門を手厚く保護してきた。こうした事情もあって、連邦政府は、石油業界や自動車業界の抵抗を軽視できないという事情がある。

州政府の中でも、バイオ燃料生産の拡充に最も積極的なのがクイーンズランド州である。これは、州内に砂糖黍農場が集中しているからであり、さらに、砂糖の国際価格が長期的に低迷する中で、苦境に立たされている砂糖黍農民の深刻な窮状を救う数少ないチャンスと見られるからである。豪州の砂糖生産の9割以上が亜熱帯であるクイーンズランド州に集中していることに加えて、来年、連邦政府の総選挙を控えているという特別な事情がある。クイーンズランド州知事が次期首相の有力候補として出馬することが注目されており、彼が当選すれば、豪州のバイオ燃料生産は間違いなく全国的に飛躍するとみなされている。

豪州は、現在、特にシドニーオリンピック以来、好景気が持続しており、土地騰貴のバブルが続いている。これは、言うまでもなくシドニー・オリンピックに誘導された建設ラッシュに便乗したものである。その後も、好景気が持続しているのは、専ら中国の北京オリンピックの準備にむけた建築ラッシュが、豪州への鉱物資源を中心とする輸入需要を激増させているからである。通常、こうした他力本願の経済ブームは、当該イベントの終了と共に急下降するのであるが、現在の豪州の場合には、北京オリンピックの後の上海万博までは持続するという楽観論を唱える者もいる。また、実をいうと、西豪州はシドニーオリンピックの恩恵は受けていないという。というのは、東部のシドニーから西豪州のパースまでの距離は、パー

スからシンガポールまでの距離にほぼ等しく、遠く離れているからである。しかし、現在、北京オリンピックに絡む中国からの鉱物資源輸入の急増は専ら西豪州を潤しており、それが豪州全体の経済ブームをもたらしている。しかるに、西豪州の資源輸出で稼いだ外貨収入による輸入品は人口の9割が居住する東部諸州に到着する。それ故、西豪州の住民は多額の運賃のため高価格を負担させられる。つまり、西豪州は、東部のブームからの恩恵を受けることはなかったが、自州内の鉱物資源による外貨獲得が東部のブームに貢献しているという。こうした事情に、少なからず西豪州は不満を持っているようである。このことが、時たま出てくる西豪州の連邦政府からの独立という根深い潜在的な願望となっているのである。これは、カナダにおけるケベック州と似たような状況にある。何れにせよ、今の豪州の経済ブームはシドニーと北京の2つのオリンピックに絡んで生じている。製造業が脆弱なため基本的には一次産業に依存せざるを得ない豪州において、このブームが終わった後に予想される長期後退過程において、その下支えとなりうる一つの方策がこのバイオ燃料産業の促進であると言えるのである。

さらに、注目すべきことは、京都議定書との関連においてである。京都議定書において、先進国は温室効果ガスの放出を削減する率を規定されたが、豪州だけは温室効果ガスの放出を削減する率ではなく、その増加率を一定率（8%）以内にとどめることが規定されたのである。これには、種々の政治的事情もあるが、一つには石炭等の炭素含有資源の輸出を外貨獲得の主たる手段としている豪州の特殊事情が考慮されたものであり、先進国の中では極めて寛大な遵守事項である。にも係わらず豪州は、アメリカと並んで、京都議定書を批准していない。ハワード現政府は我が国や英国の前首相以上にアメリカのブッシュ政権友好派であるといわれている。環境問題に敏感な豪州としては、このことは国際的には大きな負い目になっているに違いない。連邦政府はともかく各州政府が未だ採算ベースに乗らないバイオ燃料の生産拡充政策に乗り出したのは、一部には、この負い目を相殺する効果を狙っているのだという指摘もある。つまり、バイオ燃料のカーボン・ニュートラルという側面を前面に打ち出すことにより、京都議定書に頼らずとも、自発的に温室効果ガス削減に実質上貢献していることを示す必要があるという自覚である。

2. 再生可能なクリーン・エネルギーの生産動向

豪州では、地球温暖化への意識の高まりから、石油に代わる再生可能エネルギーの拡充を推進しつつある。バイオ燃料以外にも、以下のようなクリーン・エネルギーの生産に取り組んでいる。しかし、表1～表3に示すように、エネルギー消費量全体に占める比率は、未だ低い状態にある。

表 1 再生可能エネルギー生産の現状 (単位: PJ =peta joules=10¹⁵ジュール)

	2000	2001	2002	2003	2004
砂糖黍搾糟	106	99	92	95	97
バイオ燃料	0	1.6	2.1	2.3	1.4
水力発電	60	61	58	59	58
太陽光発電	2.7	2.6	2.7	2.8	2.6
木材大鋸屑	108	109	95	99	97

出所) 文献 [1]

表 2 再生可能資源による発電量 (2004年、百万ワット)

	バイオガス	バガス	オガクズ	その他の バイオマス	水力発電	太陽光 発電	風力発電	地熱発電
NSW	59	16	42	5.5	4265	28.2	17	-
Vic	59	0	0	24	544	0.7	92	-
Qld	13	314	5	3.5	657	0.3	0.5	-
SA	22	0	4	0	2	40.5	161	0.02
WA	18	6	5	0.01	32	0.4	30	-
Tas	0	0	0	0	2281	0	68	-
NT	0	0	0	0	0	0.1	0	-
Aust	171	336	56	33	7780	71	368	0.02

出所) 文献 [1]

表 3 再生可能資源による発電量の予測 (ギガ10⁹ワット時)

	2005	2010	2015	2020	2030
水力発電	16110	17004	16818	17241	18043
風力発電	1529	3755	5801	6036	7875
バイオマス発電	920	1492	2058	3133	6425
バイオガス発電	576	1318	1440	1605	2152
合 計	19135	23570	26117	27995	34495

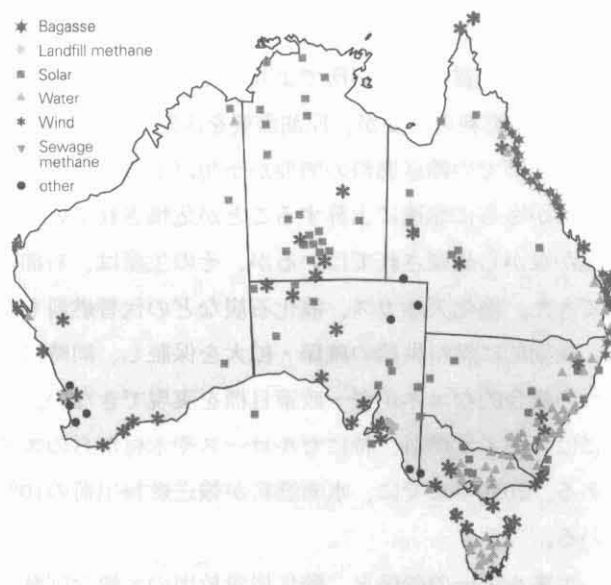
出所) 文献 [1]

再生可能資源による発電量の将来予測は、表 3 に示す通りであるが、依然として水力発電と風力発電が主流を占めることになる。しかし、バイオマス発電とバイオガス発電は水準はともかくとして、その伸び率は著しいものがある。この予測によれば、2030年には、この生物資源に由来する発電量の合計が風力発電を凌駕することになる。

また、図 1 は再生可能資源による発電事業の立地状況を示している。その内容は、砂糖黍の搾り糟、ゴミ埋立地からのメタン、太陽エネルギー、水力、風力、下水からのメタンなどを利用する発電である。太陽エネルギーや風力による発電は、豪州大陸の中部や北部の砂漠

地帯にも幅広く分布しており、砂糖黍の搾り槽による発電は東北部の砂糖黍生産地帯に集中していることが分かる。また、水力発電は産業の集積する東南部やタスマニア州に集中している。当然ながら、水の少ない豪州では、水力発電に利用した水資源は、その後、灌漑用水や工業用水に効率的に循環的利用されている。

図1 再生可能資源による発電



出所) 文献 [1]

3. バイオ燃料生産の現状

2000/01年度に、豪州は427億5300万リットルの液化石油製品（原油、濃縮石油、液化石油ガス）を生産したが、これは、当時の液化石油製品に対する需要の95%を占めている（豪州石油研究所）。それ以来、輸送燃料用の国産原油の比率は下落している。近年、原油価格が高騰しているので、再生可能代替燃料の生産に対する関心が再び高まっている。石油価格は、バレル当たり50米ドルを若干上回るレベルでピークになった。そして、2005年に価格が再び急上昇するまで、中東の原油価格はバレル当たり40米ドルを上回っていた。ハリケーン・カトリナが米国メキシコ湾岸の一部を打ちのめした直後の2005年9月に、原油価格は、バレル当たり70米ドルに達した。石油価格は2006年にも上昇し続け、2006年8月にバレル当たり76米ドルのピークに達した。

今後数年の間、ガソリン価格の高騰することが予測される。それ故、伝統的な輸送燃料に対する潜在的に魅力的な代替物としてバイオエタノール、バイオディーゼルおよび他の代替燃料が注目されつつある。

「世界エネルギー見通し2004」によると、世界には、今後30年間に見込まれる需要の増加を満たすに足る十分な伝統的石油備蓄があると見通されている。世界の石油使用は2000年に1日当たり7000万バレルであったが、2030年までに1日当たり1億2100万バレルまで上昇する。一方、石油代替燃料の供給は2002年の1日当たり160万バレルから2030年の1日当たり1010万バレルまで増加すると見通される。

今後30年間は石油精製品が輸送用燃料の市場を支配するが、2030年以降は代替燃料のシェアを拡大する必要がある。今日まで、石油代替燃料の貢献は殆ど無視しうる割合でしかなかった。その間に、輸送燃料の高品質化が精製所でより多くのエネルギーを使用する結果を生じてきた。今後もさらに、輸送燃料の需要が、原油需要を決定することになる。さらに、最近、インドや中国のような途上国での輸送燃料の需要が予想以上の速度で増加しており、こうした事情からも、原油価格がさらに急速に上昇することが危惧されている。

石油代替燃料は、僅かながら生産されているが、その生産は、石油価格が十分に高騰した時にだけ拡大されてきた。液化天然ガス、液化石炭などの代替燃料もある程度は供給されているが、これらは、長期的に燃料供給の確保・拡大を保証し、同時に、二酸化炭素の放出を削減するという2つの複合的なエネルギー政策目標を実現できない。この2つの目標を達成するのは、短期的には、バイオ燃料、特にセルロースや木材からのエタノールであり、長期的には水素燃料である。2050年までに、水素燃料が輸送燃料出荷の10%から15%を占めるであろうと言われている。

多くの国にとって、エネルギーの確保と二酸化炭素放出の大幅な削減という組合せが重大な政策的課題となっているのである。

現行の豪州政府は、バイオ燃料産業の発展を支持している。豪州のバイオ燃料生産は、現状の6000万リットル弱から「2010年までに3億5000万リットル」という政府の目標を達成するまで増加することが期待されている。2004/5年度の石油製品の消費量は、約380億リットルに達している。この合計のうち、石油が198億7600万リットル（52%）を占めており、以下、ディーゼル燃料151億8500万リットル（40%）、航空燃料および燃料油47億3000万リットル（8%）となっている。2005/6年度におけるディーゼル燃料および石油消費は、各々、158億8000万リットルおよび190億5000万リットルである。他方、バイオ燃料の生産は、1600万リットルのバイオディーゼルと4100万リットルの燃料エタノールである。したがって、供給の目標水準を達成するには、ここ2、3年に生産能力を増強する必要がある。現在のバイオ燃料分野における新規プロジェクトの資本収益は高い。しかし、新規プロジェクトが稼動し、原油価格が中期的により現実的な水準に戻るにつれて、その資本収益は下落することもある。

4. バイオ燃料への奨励政策

豪州政府は、3億5000万リットルの目標が2001年に公表されて以来、バイオ燃料産業の発展を促進するために多数の奨励策を実施している。政府は2003年7月に、バイオ燃料生産者に対して、設備された生産能力1リットル当り約18セントの資本補助金を供与するという総額3760万ドルの資本助成計画を公表した。

2004年および2005年に、豪州政府により一連の政策内容報告書がリリースされた。それらは、連邦政府による3億5000万リットルの目標の妥当性の再検討（2003年）、エネルギー白書（2004年6月）、およびバイオ燃料作業部会の報告（2005年8月）などであり、バイオ燃料実施計画（2005年12月）としてまとめられた。

4.1 燃料税

豪州政府は、2008年7月1日から消費税制度へその時点での全ての非課税燃料を組み込むという新しい燃料税制度を公表した。これらの改革の目的は、現行の燃料税制度に例外措置を設け、投資家に対して長期的な確実性を与えることにより、代替燃料に対する広範で、持続可能な課税制度を樹立することであった。2008年7月1日から、液化石油ガス、液化天然ガスおよび圧縮天然ガスは、内燃エンジン用に使われる場合には消費税の対象になる。

バイオディーゼル燃料の方は、石油およびディーゼルと同じ率で2003年9月18日から消費税および関税の対象になっている。しかし、政府がバイオディーゼルの輸入業者および生産者に対する同額の助成金で消費税を相殺するので、バイオディーゼルの実効消費税は、2010年7月1日まではゼロである。同様に、2010年7月1日までの期間は、エタノールの実効消費税もゼロである。

2003年12月末に、エタノール、バイオディーゼルおよびその他燃料に適用される消費税率が、連邦政府により公表された。再生可能燃料は、一般的に、そのエネルギー成分に基づいた消費税率の50%に割り引かれる。その結果、バイオディーゼルおよびエタノールの消費税率は各々、リットル当り19.1セントと12.5セントになる。

2003年7月1日から2015年7月1日までの間に、エタノールとバイオディーゼルに適用される実効税率は以下の表のように設定される。

表4 バイオ燃料への優遇税制（セント／リットル）

燃料タイプ \ 年度	2003～ 2010	2010～ 2011	2011～ 2012	2012～ 2013	2013～ 2014	2014～ 2015
石油	38.143	38.143	38.143	38.143	38.143	38.143
バイオ・ディーゼル	0	3.8	7.6	11.4	15.3	19.1
LPG, LNG, エタノール	0	2.5	5.0	7.5	10.5	12.5

出所）文献 [4]

4.2 補助金

バイオ燃料産業への新規参入を奨励するために、また、2003年7月1日に、政府は、バイオ燃料に生産設備を新設または拡大した事業に対して資本補助金を交付するために3760万ドルまでの範囲で助成することを発表した。この補助金はバイオ燃料を最低500万リットル生産する自立的な事業に対して、生産能力の増強分1リットル当り16セントの率で支給し、また、その額は事業当り最高1000万ドルに限定される。補助金の申請者は、その事業が2015年以降に満額の消費税が適用された場合にも商業的に自立可能であることを証明し、また、国内輸送用にバイオ燃料を購入するという企業契約の見通しを証拠として提供しなければならない。

なお、連邦政府は、燃料販売補助計画（Fuel Sales Grants Scheme）として、地方の農村住民に対して、1～3c/L（セント/リッター）の補助金を与えられてきたが2006年7月に廃止された。

また、生産者に対する補助金（Cleaner Fuels Grants Scheme）も2011～15年にバイオディーゼルで19.043c/L、エタノールで25.643c/Lへと削減されることになっている。

さらに、連邦政府は、原料の輸入やエタノール輸入に対し、輸入関税を課しており、それにより輸入保護政策を採用している。つまり、この政策は、国際経済学でいう典型的な「幼稚産業保護政策」であり、時限付きの措置である。

また、3億5000万リッターの生産目標を達成するため、産業振興プランを策定し、そのプランが予定通り進められているか監視する制度になっている。その過程で、政府は、出来る限りE10（ガソリンにバイオ燃料を10%混入した燃料）を購入するよう奨励し、政府の車を中心にE5やE10のエタノールブレンドの使用を許可し、走行や車のテストを行うこととしている。さらに、この政策を円滑に実行するため、ガソリンスタンド（小売）の段階で、エタノールブレンドが品質基準に合致しているか検査体制（検査頻度も含め）を強化することになる。

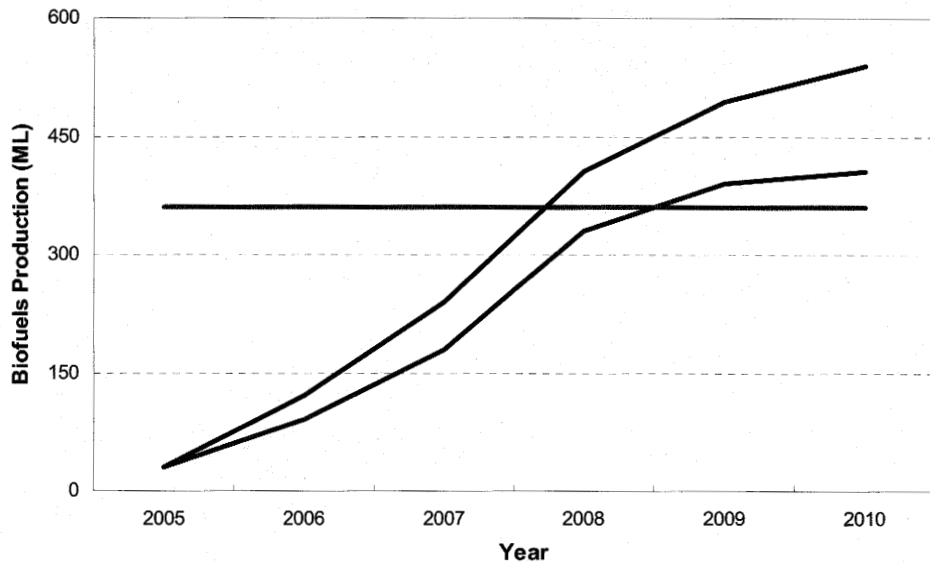
加えて、E10ラベルを簡素化し、ヨーロッパのようにE5ブレンドはラベルなしで販売されるようにすると共に、豪州の環境下で、エタノールブレンド（車からの排ガスなど）における健康への利点を調査することとしている。

豪州のバイオ燃料生産は、2006年における現状で約6000万リットルのエタノールおよびバイオディーゼルの生産水準から2010年までに3億7500万～4億7500万リットルの間の水準まで増加することが期待され、これは3億5000万リットルの目標と比較して優に超過している（図2）。

ここ2～3年のうちに、豪州で始められる既存または提案されているバイオディーゼル工場は次の表5に示す通りである。

また、バイオ・エタノールに関しては、豪州における既存のエタノール生産者は、①ニューサウスウェールズ州Nowra地区のManildra Group、②クイーンズランド州Bunderberg地区の

図2 バイオ燃料生産量の推定値（高めと低めの場合）と350MLの目標値



出所) 文献 [4]

表5 バイオディーゼル生産プロジェクト

生産事業	生産能力 ML/yr	開始年
Biodiesel Industries Australia, Rutherford, NSW	12	March 2003
Australian Biodiesel Group, Berkeley Vale, NSW	45	2002
Australian Biodiesel Group, Narangba, Qld	160	July 2006
Biodiesel Producers Australia, Albury, NSW	60.2	Mid 2007
Australian Renewable Fuels, Adelaide, SA	45	March 2006
Australian Renewable Fuels, Picton, WA	45	July 2006
Axiom Energy, Geelong, Vic	150	Mid 2007
Natural Fuels Australia, Darwin, NT	150	End 2006
South Australian Farmers Fuel, Millicent, SA	5	End 2006
Riverina Biofuels, Deniliquin, NSW	44.7	2007
Eco-Tech Biodiesel, Narangba, Qld	30	May 2006

出所) 文献 [4]

CSR Distilleries Sarina, Bundaberg Sugar company, および③Woongoolba地区のWH Heck and Sons, RockyPoint Sugar Millである。2003年のエタノール生産量は7500万リットルであったが、2005年は2300万リットルへと減少した。これは、豪州の自動車用ガソリン市場の0.1%以下である。豪州の現在のエタノール生産は年間1億3500万リットルで、世界標準から見ると小規模であり、世界の生産国リストの中で約19位に位置している。豪州のエタノール生産の中で、現在では、約6000万リットルが輸送用燃料として使用されている。

豪州では幾つかの既存のエタノール生産者が事業拡大を計画しており、また、新規の企業が市場に参入する計画である。2006年8月に、以下の企業が燃料エタノールを生産するために、その設備の拡大を計画している（表6）。

表6 豪州におけるバイオ・エタノールの新規生産事業

生産設備事業	州	開始年	推定容量(ML)
CSR Distilleries, Sarina	QLD	既設	32
Manildra Group, Nowra,	NSW	既設	100
WH Heck and Son, Rock Point Mill, Woongoolba	QLD	既設	20
Australian Ethanol, Swan Hill,	VIC	2007年早期	90
Primary Energy, Gunnedah	NSW	2007年早期	120
Dalby Bio-refinery, Dalby,	QLD	2007年半ば	80
Lemon Tree Ethanol, Millmerran,	QLD	2007年	37
Primary Energy, Kwinana,	WA	2008年早期	80
Australian Ethanol, Coleambally,	NSW	2009年	90
Australian Ethanol, Lake Grace,	WA	2010年	100

出所) 文献 [4]

もしこれらの計画の全てが達成されるなら、2010年までに豪州の市場に15億リットルのバイオ燃料が増産されることになる。これは3億5000万リットルという目標数値を大きく上回っており、この目標が達成されるのは確実のように思われる。しかし現状では、幾つかの開発業者は資金繰りの面で困難に直面しており、事業を開始するのが遅れている。

豪州の燃料基準は強化されつつある。オクタン価を改善するために使用されるベンゼンの添加は、2006年1月1日より数量比率において1%まで減少されてきた。燃料におけるMTBE（ガソリンへの含酸素添加燃料、メチル・ターシャリー・ブチル・エーテル）の水準は、2004年1月1日以来1%以下である。それは、この規制が導入された時点で豪州では使用されておらず、シンガポールからの輸入燃料にのみ含まれていた。これらの燃料基準の変更により、豪州の精製業者や輸入業者はRON95（リサーチオクタン価、ユーロスーパー）基準を達成するために、ベンゼン以外の添加物を探すことが必要となった。そして豪州で販売される高い技術性能を備えた自動車の数が増加するにつれて、この燃料の人気は高まることが期待されるが、エタノールは、この要請に応える妥当な添加物である。しかし、今日まで、エタノール産業はこの機会を追求するのに余り積極的ではなかった。それは、その産業にとって大きな機会損失のように思われる。

石油へのエタノールの混入は、石油会社や自動車業界がその使用の法制化を望まない豪州において高度に政治問題化してきた。1992年以来、シドニーのWoollongong地域における独立のサービス・ステーションは20%までのエタノール添加石油を販売していたけれども、石油会社や自動車業界からの圧力の結果として、豪州の石油へのエタノール添加は2003年7月

1日から最高10%に設定された。歴史的にも、1929年から1957年までの間、クイーンズランド州の一部で販売された全ての石油は10%のエタノールを含んでいた。

4.3 海外の動向

ブラジルもまた、砂糖産業の危機と経済不況のために石油に5%エタノールの添加を命じた1930年代以降、バイオ燃料計画の一部としてエタノールを使用した。ブラジルは、1970年代にProAlcohol計画を通じてエタノールの使用を再導入し、1980年代にその使用を拡大した。砂糖の国際価格の高騰に反応した供給不足のために、エタノール使用車が1990年代に人気をなくした時ですら、石油への25%までのエタノール強制的添加のために大量のエタノールの使用が続いた。ブラジルにflex燃料が導入された2003年には、石油価格が上昇し始め、砂糖価格は常に低水準にあったので、アルコール燃料を使用する自動車の数は再び激増した。

エネルギー供給の多様化の一部として、現在、ブラジルは、生産チェーンを樹立し、新規設備建築に対する一連の信用制度を展開し、技術的ベースを構築し、その部門を規制するための新しい法律を制度化することによって、バイオディーゼルの商業的使用を大規模に奨励した。2005年から2008年の期間にディーゼル燃料に2%のバイオディーゼルの添加を認可する。この混合は、2008年までに強制的になり、2013年には5%まで上昇する。ブラジルは、油糧種子計画で想定される広大な面積を栽培するポテンシャルを持っているが、現在では、2%の目標を達成するのに要求される約8億リットルのバイオディーゼル需要を満たすのに必要な量を生産する能力を欠いている。バイオディーゼル計画を、特に経済的に貧しいこの国の北部や北東部の小規模農民に換金作物の生産に参加させる社会的救済過程の一部として位置づけている。経済的に抑圧された農業部門の経済発展におけるこの実験が実際に成功するかどうか注目される。

アメリカでは、近年、エタノールの生産と使用が拡大しつつある。石油価格の高騰、トウモロコシ価格の低迷、エタノール産業への寛大な政府助成により助長されて、エタノール生産の収益性は、近年では非常に高い。2006年には約200億リットル、その翌年には恐らく250億リットルの生産まで急速に拡大し続けると言われている。政府は幾つかの地域において酸化ガソリンとしてエタノールの使用を奨励した。そして現在、約160億リットルのエタノール使用を必要とする再生可能燃料基準を制度化している。

バイオ燃料に関するEU指令が2003年5月に批准されたが、これは輸送部門に対してバイオ燃料および再生可能なエネルギー源をサポートすることを目的としている。このEU指令は、2005年の末までに2%まで、2010年の末までに5.75%まで、輸送部門において使用されるバイオ燃料のシェアを連続的に拡大させる目標の設定をメンバー国政府に要求している。

ヨーロッパにおいては、エタノールの混合は、2.7%の酸素含有制限によりコントロールされており、これは、ガソリンへのエタノール混合を7.8%に制限する効果を有している。そして、多くの国において、ディーゼル使用自動車の需要が急増しているため、バイオディーゼルがアルコール燃料以上に有利になっている。ドイツは、バイオディーゼルの生産と使用において、ヨーロッパでの先進国である。

世界で最大のエタノール工場は、トウモロコシからエタノールを作る中国にある。また、砂糖黍をベースに燃料エタノール計画を実施するインドでも関心が高まりつつある。

4.4 バイオ燃料産業の展望

さらに、セルロース原料からのエタノール生産において目覚ましい発展がある。その技術は実用できることが証明されているが、世界中のどこでも商業規模では実施されていない。このプロセスは、もしそれが商業化に成功するならば、また、より単純な代替物よりもバイオマス利用の方が妥当な方法であると証明されるならば、大々的に適用されることになる。

バイオ・エタノールは、実績のある確立されたものであり、妥当な石油代替物として、また、それ自体、正当な燃料として実証されている。その使用は、世界中で拡大しつつあり、多くの国が、燃料供給源を多様化するために、また、政治的不安定性からの燃料供給の潜在的混乱を緩和させるために、環境への関心事に取り組むために、さらに、原油の供給減からの燃料コストの騰貴を相殺するために、燃料エタノールおよびバイオディーゼルを採用しつつある。原材料やその精製工程にもよるが、幾つかのバイオ燃料は石油製品よりも環境面の優位性を持っており、その使用は自動車の性能に殆ど影響しないといわれている。ディーゼル使用の軽自動車は特にヨーロッパで人気が上昇しつつあり、また、エタノールと石油の任意の組合せで走る新しい自動車が開発されつつある。

最近まで、豪州の石油会社や自動車業界は大規模に豪州に代替燃料を導入する企てに積極的に抵抗してきた。この他にも、代替燃料が実質的に豪州市場に浸透するために克服すべき障害が依然として存在している。自動車が液化石油ガスあるいは液化天然ガスで走れるようにするための設備の設置や変換に対して、豪州政府は最近、奨励策を導入したが、このように、他のエネルギー源が認識されつつある中で、エタノールやバイオディーゼルは、これらと、経済ベースで競争しなければならない。現在、これらの燃料の生産者が市場シェアを樹立できるように、税率の削減や資本補助などの実質的な奨励策が制度化されつつある。

現在の石油と砂糖の価格水準、そして、豪ドルと米ドルの為替レートの現行水準のもとで、砂糖黍の糖密（molasses）からのエタノールは、消費税調整済みベースで石油と競争できる

ことが議論されている。しかし、豪州砂糖産業のエタノール供給能力は限られており、現在輸出に回されている砂糖黍原料の全てをエタノール生産に振り向けても、恐らくクイーンズランド州の現在の石油消費量の10%である。もし、豪州における砂糖生産の全量がエタノールに回されても、豪州の現在の石油消費量全体の10%を少し上回る程度である。

砂糖産業は、既に多くの企業が行っているように、燃料市場にエタノールを供給するという経済的好機を最大限に生かすべきである。このためには、他の選択肢に関して慎重に評価する必要がある。というのは、経済的な面に加えて環境面の評価も必要だからである。

最近、豪州産業大臣は2004年のエネルギー白書において、再生可能なクリーン・エネルギーと二酸化炭素放出の少ない技術を開発する第1ラウンドのプロジェクトに約2億5000万ドルの奨励金を提供することを公表したが、これはバイオ・エタノールに係わる砂糖産業にとって大きな関心事となる制度である。

クイーンズランドの砂糖産業は、特にブラジルのバイオディーゼル計画において開発されつつある野菜油のエステル・エタノール反応過程の展開に関心を寄せている。これは、豪州で実施されつつある、窒素投入と水の効率的な利用を達成する植物油原料として斬新なマメ科作物を開発する作業と関連させるためである。マメ科作物は砂糖黍農場において有用な輪作作物として実証されてきた。また、それは、砂糖黍農場に近接する限界地で栽培可能である。マメ科作物から収穫される植物油からバイオディーゼルの生産するために、大量の無水エタノールを必要とするが、このプロセスを奨励することにより農場および工場レベルでの大きな相乗効果が得られるからである。

このように、砂糖黍および砂糖黍農業体系に組み入れられる他の作物、例えば、マメ科作物から派生する広範な代替エネルギー製品は、ライフサイクル分析により評価されている。

5. 西豪州におけるバイオ燃料事業への取組

次に、西豪州農業食品省の資料（文献〔5〕）に従って、西豪州におけるバイオ・エタノール生産の可能性について見ておこう。

西豪州は、毎年平均で1000万トンの穀物を生産している。国内マーケットが極端に小さいので輸出余力は極めて大きいと言える。また、西豪州の穀物生産の安定性と供給力は、他の州と比較しても突出しており、その点で極めて有利である。穀物生産は、小麦、大麦を中心に、一部早魴の年（特に2002年、2006年）を除き、主に品種改良による単収の増加により順調に拡大している。

2006年の穀物全体の生産量は640万トンであり、このうち、小麦は420万トンである。小麦

生産が全体の63%、大麦が18%を占めている。広大な穀物地帯（Geraldton, Albany と Esperanceを結ぶ三角地帯）は、色々な気候、土壌タイプを持つことから、多様な品種の栽培が可能である。生産地域が広大であるので、早魃の年であっても全ての地域が同時に被害を被ることは少なく、その意味で生産供給が比較的安定している。また、西豪州は、豪州で最大の穀物生産州であり、冬穀物（小麦、大麦、エンバク、ナタネ、ルーピンなど）の生産では全体の35%を生産している。

西豪州の国内マーケットは極端に小さく、東部諸州の市場からかけ離れ、いわば孤立している。そのため、毎年、生産の80~90%に当たる約840万トンの穀物を輸出市場に依存している。これは東部の諸州に比べ、はるかに高い。

西豪州には6500戸の穀物農家がいる、その平均農場面積は1642ヘクタールである。過去10年間で穀物生産量は33%拡大してきた。

また、穀物の流通状況に関しては、港（穀物輸出エレベーター）と内陸の集荷施設とをあわせると、1850万トン以上の保管能力がある。それらエレベーターや倉庫は、最新の設備を備えている。巨大な保管能力により、翌年への繰越が可能である。2006年産が早魃のため生産量が大きく減少したが、日本は毎年90万トン以上の西豪州産小麦（豪州産小麦の殆ど）を購入している最も重要な市場である。Geraldton, Kwinana, Albany, Esperanceの地域に輸出エレベーターを設置しており、それらは積載トン数5万トン級の大型船への積み込みが可能である。

穀物農家の投資からの平均収益率は4.3%であり、豊凶の差が大きい東部諸州の農家よりも高い。穀物生産地帯に197箇所の集荷施設を張り巡らせ、各港へは、穀物専用鉄道、貨車で輸送され、極めて効率的である。保管、輸送、輸出施設などの周辺インフラは、世界のトップクラスと言われている。

西豪州におけるエタノール生産と需給バランスについては、2006年時点で、エタノールの生産は行われていない。現在、PE（Primal Energy）社は、2008年までに1億6000万リットルの生産能力を持つ工場を西豪州のKwinana地方に建設する予定であり、BP社とバイオ・エタノールの供給に関して提携した。これらのエタノールは国内向けに供給される予定である。その他にも、現在、他の1社が2工場の建設（生産能力3億8000万リットル）を準備しつつある。これらのエタノールは主に海外向けの輸出に回される予定である。

現在、西豪州では、19億リットルのガソリンが消費されており、仮に全ての車がE10（バイオ・エタノール10%混入燃料）を使用したとすると、エタノールの必要量は1億9000万リットルとなる。西豪州の人口が豪州全人口の10%の200万人であることから単純に計算すると、豪州全体のエタノールの需要見通し（10%ブレンド）が20億リットルであるので、そのうち西豪州は2億リットルと推定できる。但し、全ての車がE10ガソリンを使用するとは限らな

いので、全体の25～30%の約6000万リットルが西豪州のエタノール需要と推定されている。

西豪州では、800万トン近い（2001～05年の平均）小麦が生産されているが、その約半分は、ASW（Australian Standard White）、飼料用や多用途品種など蛋白質が10%以下と比較的低く澱粉含有率が高い小麦である。この特性は、エタノールの生産に適した小麦の特性である。このように西豪州には、エタノールの生産に適した小麦が豊富である。

東部のクイーンズランド州が砂糖黍からバイオ・エタノールを生産するのに対して西豪州では小麦からバイオ・エタノールを生産する。前述した通り、エタノールの生産には、西豪州で生産される低蛋白で高澱粉含有の小麦が適しているからである。

西豪州で生産される小麦が、全てエタノール用に使用されとした場合、過去5年の年平均の生産性を想定すると、26億リットルのエタノールを生産することが可能である。

西豪州のガソリン消費量は19億リットルである。この場合、E10ブレンドとしてエタノール必要量は1億9000万リットルとなるが、それを小麦から生産するには、約75万トンの低蛋白含有の小麦が必要となる。現時点の企業によるエタノール生産計画からすると、年間100～150万トンのASWや飼料用小麦がエタノール生産用に消費されることになる。

既にエタノール用生産に適したスターチ含有率の高い小麦が開発されてきているが、さらに、豪州で深刻な問題となっている塩害に対して、塩分耐性を持つ品種改良のための研究が進められている。また、藁やバイオマスのセルロースなどからのエタノール生産においても技術革新による生産増強が模索されている。このように、西豪州では、品種改良による小麦の生産量の拡大やその他の技術革新によるエタノールの生産拡大の可能性は極めて大きい。

西豪州では、小麦からエタノールを生産する際の生産コストは、リットル当たり58.6～63.2セント（豪州通貨）である。また、図3aは豪州におけるバイオ・エタノールの生産地域と生産能力を示している。

このように、西豪州の穀物生産は拡大の潜在性が大きく、また、人口が極端に少なく国内向け需要が限定されるため、輸出余力が大きいことなどの点で、西豪州は、将来的なバイオ燃料の生産において理想的な条件が揃っている。

以上は、バイオ・エタノールについてであるが、西豪州は、もう一つのバイオ燃料であるバイオディーゼル燃料についても取り組んでいる。図3bは豪州におけるバイオディーゼルの生産地域と生産能力を示している。この図からも分かるように、東部と西南部に多く分布しているが、これは菜種などのバイオディーゼル生産の原料穀物の生産地帯の分布とオーバーラップしている。もちろんこれは、雨の少ない豪州では、降雨量の分布に規定されているためである。西豪州では年間4500万リットルのバイオディーゼル燃料が生産されている。

図3a バイオ・エタノールの生産地域と生産能力

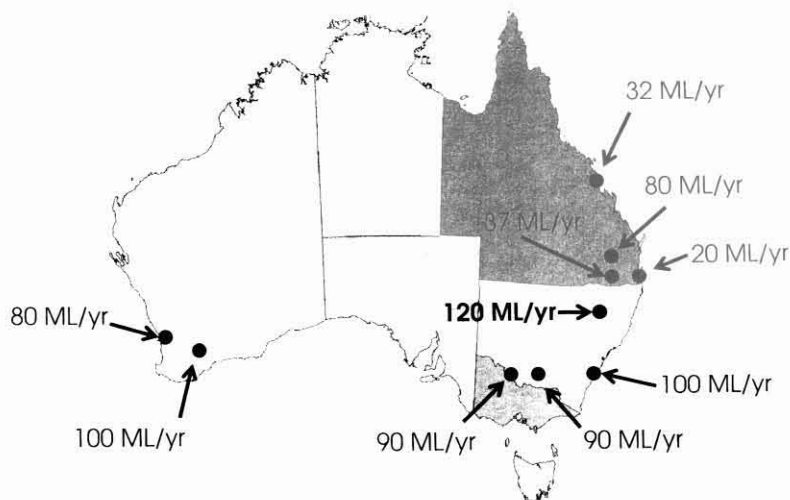
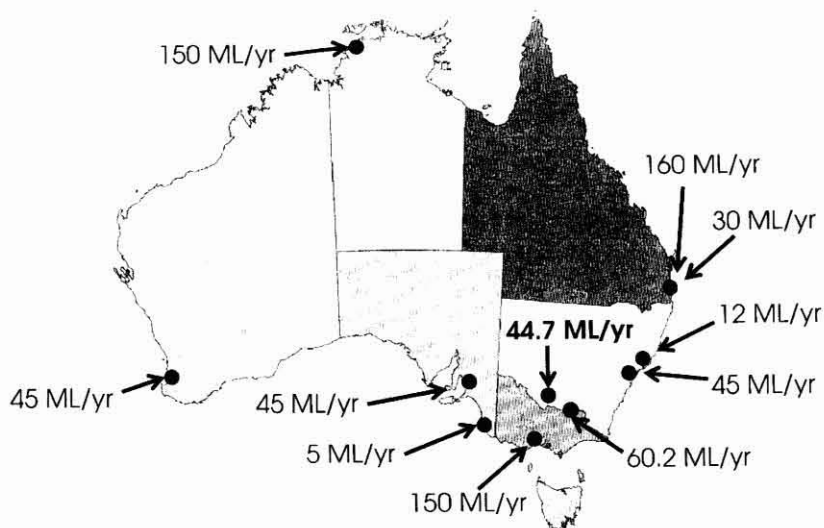


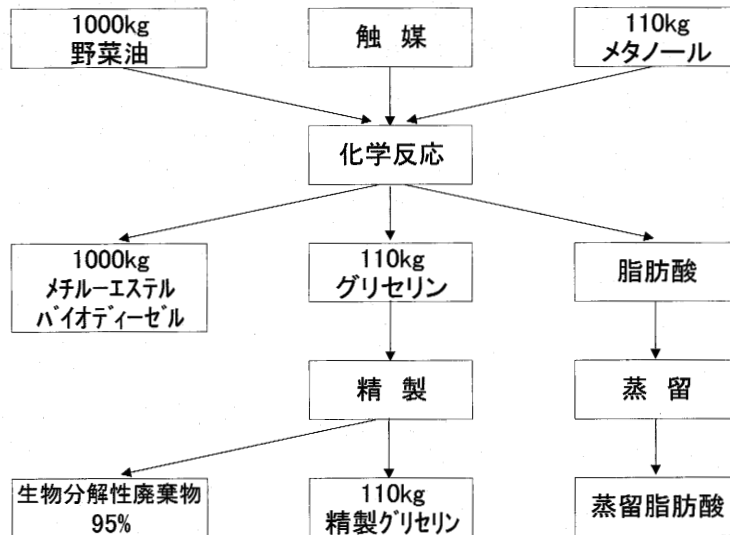
図3b バイオ・ディーゼル燃料の生産地域と生産能力



出所) ABARE資料より (図3a、図3bとも)

図4は、豪州におけるバイオディーゼルの生産工程とその過程で生じる副産物を示している。西豪州では、バイオ燃料の生産原料として、バイオエタノールには小麦を使用しているが、バイオディーゼル燃料の原料としては、日本やドイツと同様に主に菜種を使用している。従って、この生産工程と副産物は、日本の「菜の花プロジェクト」の場合と殆ど同様である。

図4 バイオディーゼルおよび副産物の生産過程



出所) 文献 [3]

他方、表7は、西豪州におけるバイオディーゼル生産の平均的農場における収入と費用を示したものである。この表に示されるように、バイオディーゼル燃料（以下では、略してBDF）1リットル当りに換算して、可変費用と固定費用の和に、菜種生産に係わって発生する農場共通の間接費を加えた費用は、同じくこの過程で生じる収入を上回ることが知られる。つまり現状では何らかの助成がなければ、採算は合っていない。他方、この原料を他の用途に回した時に発生する費用（マイナスの機会費用）を控除すると、僅かに収入を下回ることになる。しかし、これは想定上の計算であって、農民に実感されるものではない。

表7 バイオディーゼル生産の収入と費用

収 入		単位	費 用		単位
ha当りバイオディーゼル生産	569L		可変費用計	\$1.53	L(BDF)
農場でのバイオディーゼルディーゼルの価値	\$1.07	L	固定費用計	\$0.13	L(BDF)
グリセリン収益	\$0.06	L(BDF)	菜種生産	\$0.48	L(BDF)
油粕収益	\$0.75	L(BDF)	ha当り農場間接費	\$0.11	L(BDF)
			費用計	\$2.25	L(BDF)
総収益	\$1.98	L(BDF)	費用計（菜種油の機会費用控除）	\$1.42	L(BDF)

出所) 文献 [3] を一部改変して引用

表8は、バイオ燃料の各タイプに関して、原料別にそのコストを石油相当量の単位価格と比較したものである。この表から、バイオ燃料の原料としては、使用済み食用油、パーム油、タロー（家畜の内臓）などが菜種よりも有利であることが分かる。また、バイオエタノール

に関しては、廃棄澱粉や搾油率の高い糖密が有利であることを示している。

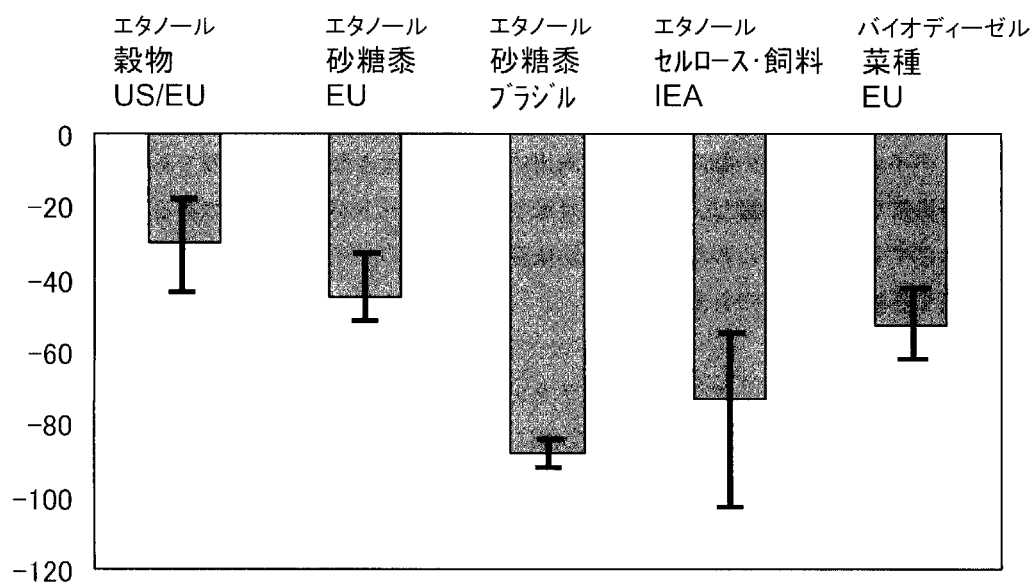
表 8 燃料コストの比較

燃料のタイプ	価 格 \$/L	石油相当価格 バレル当り豪ドル
無鉛石油	0.31	49.28
ディーゼル	0.34	54.05
バイオ・ディーゼル		
使用済み食用油	0.35	55.64
菜種種子	1.01	160.57
タロー（家畜内臓）	0.66	104.93
菜種油	1.19	189.19
パーム油	0.75	119.24
エタノール		
廃棄でん粉	0.18	28.62
C糖密	0.26	41.33
ソルガム	0.37	58.82
B糖密	0.48	76.31
A糖密	0.71	112.88

出所) 文献 [3]

最後に、以上では、バイオ燃料生産に伴う経済的収支を示したが、次にバイオ燃料生産に伴う環境面への効果として、温室効果ガスの削減効果について示したのが、図5である。主要国であるアメリカ、EU、ブラジルと国際エネルギー庁の試算を、その原料穀物別に示したものである。この分野の最先進国であるブラジルのサトウキビを原料とするバイオエタノールが最も大きな削減効果を示している。アメリカにおける穀物使用の場合の温室効果ガス削減効果はブラジルやEUの場合よりも小さいことが示される。ある研究によると、アメリカのトウモロコシからのバイオ・エタノール生産過程において原料穀物を燃焼する段階で、石炭を大量に投入し、この過程で発生する温室効果ガスが、石油をカーボンニュートラルなバイオ燃料に置き換えることにより節減される温室効果ガスの放出量を上回ることもありうるという試算が出されている。このグラフはこうした事情を示唆するものと思われる。京都議定書をも批准していないアメリカは、更に積極的な技術改善を進めることにより、温室効果ガス削減効率を高めることを通じて地球環境保全に対する国際的活動に協力すべきである。

図5 石油代替燃料としてのバイオ燃料による温室効果ガス放出削減効果



出所) 文献 [3]

6. 終わりに

現在では、豪州はバイオ燃料の生産は小規模で着手したばかりである。また、国内でも、この産業の拡充政策に対する世論は分かれている。一方では、現在の政府の生産目標 3 億 5000 万リットルは余りにも低く設定され過ぎているとする論者もあり、2010 年までに 3 億 5000 万リットルのバイオ燃料の生産目標はほぼ確実に達成されるという。豪州は、豊富なエネルギー資源を有しており、たとえ選択肢の範囲がより制限されている輸送燃料においても、妥当な経済的選択をするのはそれほど困難ではない。特に東部のクイーンズランド州の砂糖産業は、エネルギー生産物の市場出荷に関して、砂糖黍の作物としての性質と加工方法から生じる大きな有利性を持っている。それ故、そのようなプロセスを経済的に改善する新技術を探求するために内外の研究開発の展開を注意深く見守っている。特にクイーンズランド州の砂糖産業はバイオ燃料産業の発展の余地を追求し、その機会を最大限に利用するための研究投資を重視している。そして、海外の関連研究機関とも連携して、生物資源のセルロースをより高度の付加価値生産物へと商業的に変換する計画に積極的に取り組んでいる。

また、西豪州に関しては、その小麦生産の 9 割以上が日本に輸出されている。さらに、日本は小麦に関して 9 割以上を海外からの輸入に依存している。蛋白含有率が低く、澱粉含有率が高いという西豪州の小麦の特性は、日本の麺類用の用途に適している訳であるが、同時に、この特性はバイオ燃料の原料としても適している。西豪州において小麦を食用からバイオ燃料原料へと転換する政策は、今後の日本の小麦輸入にも大きな影響を及ぼしかねない。

現にアメリカや中国では、バイオ燃料用への食用トウモロコシの転換がトウモロコシの価格を上昇させ、大きな議論になっている。

砂糖も小麦もその国際価格が低迷しており、砂糖農民の集中するクイーンズランド州と小麦農家の比重の高い西豪州は、両州とも、農民の窮状を救う手立てに苦慮している。こうした中で、バイオ燃料産業の動向は、この両州にとって、大きな関心事なのである。特に、石油価格が異常なまでに高騰し、豪ドルの対米ドル為替レートが高騰しつつある現状では、当面の間は必ずしも採算が合わなくとも、幼稚産業としてのバイオ燃料事業を補助し、その一部を輸出する絶好の機会でもある。

かつて豪州は、ガット・ウルグアイ・ラウンドでケアンズ・グループのリーダーとして、アメリカと共に農産物貿易自由化の国際交渉において華々しく立ち振る舞ってきた。しかし、その後のWTO交渉がことごとく決裂し、EUが輸出補助金の廃止で譲歩してアメリカに歩み寄り、かつての盟友アメリカが豪州など旧英連邦諸国におけるマーケティングボードなどの国家貿易機関による一元的輸出活動の持つ市場歪曲効果を攻撃対象にし始めてからは、ケアンズグループとしての結束が薄れ、日本と共にWTO交渉の中核から外れつつある。

さらに、かつて、豪州はニュージーランドや北欧と共に環境問題に対して先鋭的な言動を繰り返してきたが、地球温暖化防止に関する京都議定書を未だに批准していない。地球環境保全に対する国際的取組に対して非協力的な姿勢をとっていることから国際的マイナス・イメージを相殺するために石油代替燃料の促進によるクリーン・エネルギーや再生性資源への転換により自発的な環境保全型事業を誇示する必要に迫られているのも事実である。バイオ燃料産業の奨励策はまさにこの目標に合致しているのである。この点、各州政府の強い意気込みに対して連邦政府は若干、遅れを取っている状況にあるが、これは、労働党率いる州政府に対して、保守系の連立政権が率いる連邦政府という政治的二重構造のせいでもある。

参考文献

- [1] ABARE, Energy in Australia, 2005,
- [2] 加賀爪 優「デンマークにおける畜産糞尿リサイクルによる発電および地域暖房計画の環境経済的考察—中欧集中管理型バイオガス工場を事例として—」『生物資源経済研究』、第4号、21～41頁、1998年12月
- [3] Kingwell, Ross, “Economics of On-Farm Biodiesel Production”, (mimeo), 2006
- [4] Wegener, Malcolm K., “Economics of Biofuels”, Expert Discussion paper prepared for Sugar Research and Development Corporation, October 2006
- [5] Wilkins, Anne, “Ethanol Production and Potential for Western Australia”, Dept of Agriculture & Food WA, November 2006 (memorandum by Matt Yamamoto)

(受理日 2007年1月18日)